

3. Изучение процесса отверждения мочевиноформальдегидных смол вискозиметрическим методом/Т.Т. Галаева, С.В. Шестоух, В.К. Фуки, М.Л. Кербер/Моск. хим.-технол. ин-т, М., 1983. Деп. в ВИНТИ 13.04.83, № 1954-83.

4. *Urea-formaldehyde resins theories challenged // Chem. and Eng. News, 1984. 62. №10. 25-28.*

УДК 674.-815-41:630 В.М. Балакин, С.А. Орлов,  
З.В. Устюгова, В.В. Глухих  
(Уральский лесотехнический институт)

## ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ МАЛОТОКСИЧНЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

*Представлены и обсуждаются результаты исследований оптимизации процесса получения малотоксичных древесностружечных плит с применением реагента ОХА.*

*Получены математические зависимости, связывающие свойства древесностружечных плит с технологическими параметрами их производства. Найденные закономерности позволили выбрать оптимальные технологические режимы получения малотоксичных плит.*

Одним из перспективных методов уменьшения токсичности древесностружечных плит (ДСП) является применение в качестве отвердителя карбамидных смол реагента ОХА [1].

Исследования проведенные на кафедре технологии переработки пластмасс Уральского лесотехнического института, показали, что для получения малотоксичных ДСП необходимо вводить в состав связующего реагент ОХА и аммиак. Однако для трехслойных плит не найден оптимальный вариант рецептуры связующих внутреннего и наружных слоев для получения ДСП с минимальным уровнем выделения формальдегида.

Для поиска оптимальных условий получения малотоксичных ДСП было предложено провести эксперимент, который

позволит получить систему уравнений, связывающих свойства ДСтП с технологическими факторами.

С помощью математических зависимостей можно будет получить, во-первых, информацию о влиянии факторов на свойства ДСтП, во-вторых, количественно рассчитать предполагаемые значения показателей свойств плит при заданных режимах ведения процесса и, в-третьих, получить основу для поиска оптимальных условий изготовления ДСтП.

При исследовании изменялись четыре фактора: температура плит пресса, содержание ОХА в связующем внутренне-го и наружных слоев, содержание аммиака в составе связу-ющего наружных слоев.

В качестве контрольного связующего использовалась кар-бамидоформальдегидная смола с 1 % отвердителя (хлористого аммония) для внутреннего слоя, и без отвердителя для на-ружного слоя.

Для изготовления опытных и контрольных ДСтП приме-нялись следующие условия.

Карбамидоформальдегидная смола	Марки КФ-МТ
Массовое соотношение стружки	
древесной лиственных и хвой-	
ных пород, % . . . . .	60:40
Расход связующего от абсолютно	
сухой стружки, %:	
для внутреннего слоя . . . . .	10
для наружных слоев . . . . .	14
Время прессования, мин . . . . .	7
Массовое соотношение внутренних	
и наружных слоев плит, % . . . . .	70:30
Температура плит пресса, °С (для	
контрольных плит) . . . . .	170

При исследовании лабораторных образцов применялись стандартные методы и оборудование.

Для удобства расчетов и описания использовались следу-ющие обозначения:

- $X_i$  – кодированное значение параметров;
- $Z_i$  – фактическое значение параметров;
- $Z$  – температура плит пресса, °С;

- $Z_2$  – содержание ОХА в связующем внутреннего слоя, %, от абсолютно сухой смолы (по сухим веществам);
- $Z_3$  – содержание ОХА в связующем наружного слоя, % от абсолютно сухой смолы (по сухим веществам);
- $Z_4$  – содержание аммиака в связующем наружного слоя, % от абсолютно сухой смолы (по сухим веществам);
- $Y_1$  – выделение формальдегида из ДСтП на 2-е сутки после изготовления по методу *WKI*, мг/100 г плиты;
- $Y_2$  – предел прочности при статическом изгибе, МПа;
- $Y_3$  – предел прочности при разрыве перпендикулярно плас-ти плиты, МПа;
- $Y_4$  – линейное разбухание, %.

В работе был применен 4-факторный двухуровневый экс-перимент по линейному плану типа  $2^4$  [2]. Каждый опыт повторялся два раза.

При проведении эксперимента задались следующими усло-виями (табл. 1).

Таблица 1

Область применения факторов

Уровни факторов	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
Основной уровень (0)	170	5,5	5	1,5
Интервал варьирования	30	4,5	5	1,5
Верхний уровень (+1)	200	10,0	10	3,0
Нижний уровень (-1)	140	1,0	0	0

Матрица планирования и результаты эксперимента пред-ставлены в табл. 2.

Математическое описание взаимосвязи свойств и техно-логических факторов изготовления ДСтП предполагали полу-чить в виде следующего полинома:

$$\begin{aligned}
 Y = & B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + B_{12} X_1 X_2 + \\
 & + B_{13} X_1 X_3 + B_{14} X_1 X_4 + B_{23} X_2 X_3 + B_{24} X_2 X_4 + B_{34} X_3 X_4
 \end{aligned}$$

На основании результатов факторного эксперимента были рассчитаны коэффициенты уравнений регрессии при довери-тельной вероятности 0,95 [2].

Матрица планирования и результаты эксперимента

№ п/п	Кодированное значение технологических факторов				Среднеарифметическое значение свойств ДСТП			
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	y <sub>4</sub>
1	+1	+1	+1	+1	22,2	15,0	0,22	24,6
2	-1	+1	+1	+1	48,5	12,2	0,19	16,9
3	+1	-1	+1	+1	18,0	23,5	0,23	29,5
4	-1	-1	+1	+1	40,1	16,7	0,19	31,8
5	+1	+1	-1	+1	11,4	27,6	0,28	15,0
6	-1	+1	-1	+1	27,4	26,7	0,56	12,5
7	+1	-1	-1	+1	25,5	17,7	0,39	20,4
8	-1	-1	-1	+1	28,1	21,9	0,39	22,1
9	+1	+1	+1	-1	32,3	13,9	0,32	32,6
10	-1	+1	+1	-1	37,4	15,1	0,25	23,0
11	+1	-1	+1	-1	11,5	15,7	0,28	13,8
12	-1	-1	+1	-1	18,1	13,2	0,22	14,3
13	+1	+1	-1	-1	17,2	21,9	0,32	20,7
14	-1	+1	-1	-1	29,9	15,7	0,20	30,9
15	+1	-1	-1	-1	41,6	17,1	0,30	24,9
16	-1	-1	-1	-1	43,4	14,6	0,26	32,8

После проверки значимости коэффициентов уравнений по критерию Стьюдента и адекватности уравнений с помощью критерия Фишера получили следующие уравнения регрессии:

$$y_1 = 28,5 - 5,6X_1 - 1,9X_1X_3 - 2,3X_1X_4 + 6,3X_2X_3 + 4,1X_3X_4;$$

$$y_2 = 18,0 + X_1 + 0,5X_2 - 2,4X_3 + 2,1X_4 + 2,1X_1X_2 - 2,1X_2X_3 - X_3X_4;$$

$$y_3 = 0,288 + 0,028X_1 - 0,048X_2 - 0,05X_3 - 0,02X_4 + 0,019X_1X_3 + 0,027X_1X_4 + 0,027X_3X_4;$$

$$Y_4 = 23,2 - 0,5X_2 + 0,8X_3 - 1,6X_4 + 0,7X_1X_2 + 2,3X_1X_3 + \\ + 0,7X_1X_4 + 0,8X_2X_3 - 2,5X_2X_4 + 3,3X_3X_4.$$

На основании полученного адекватного уравнения регрессии  $Y_1$  были построены графические зависимости функции отклика от величины технологических параметров (рис. 1-4). Для построения графических зависимостей анализировалось влияние каждого технологического фактора ( $X_1, X_2, X_3, X_4$ ) на значение функции отклика. При этом все остальные факторы фиксировались на двух уровнях: +1 или -1. Таким образом, для каждого технологического фактора было получено по 2 графические зависимости.

На выделение формальдегида из плит наибольшее влияние оказывает температура плит пресса, особенно при нахождении показателей технологических факторов на максимальном уровне (+1). Увеличение содержания реагента ОХА в связующем внутреннего и наружного слоев плит приводит к снижению выделения формальдегида на минимальном уровне (-1), повышению на максимальном (+1). Однако следует отметить, что для снижения токсичности необходимо повышать содержание реагента ОХА в одном из слоев плит при одновременном сокращении его количества в другом слое. Таким образом, недопустимо использовать для снижения выделения формальдегида максимальное количество реагента ОХА одновременно во всех слоях плит.

Наименьшее влияние на токсичность оказывает изменение содержания аммиака в наружных слоях плит.

При анализе уравнений регрессии для выделения формальдегида было вычислено минимально возможное значение, равное 12,1 мг/100 г плиты при следующих комбинациях технологических факторов:  $X_1 = X_2 = X_4 = +1$ ;  $X_3 = -1$ .

Оценивая этот вариант с точки зрения физико-механических свойств получаемых плит, решаем уравнение регрессии для  $Y_2, Y_3, Y_4$  при выбранных условиях получения малотоксичных плит.

В результате решения уравнений следует (табл. 3), что токсичность опытных плит ( $X_1 = X_2 = X_4 = +1$ ;  $X_3 = -1$ ) уменьшилась в 3,8 раза по сравнению с токсичностью контроль-

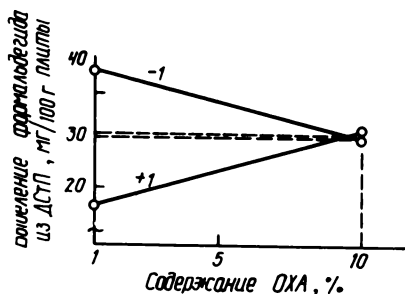


Рис. 1. Зависимость выделения формальдегида из ДСтП от содержания ОХА в связующем внутреннем слое

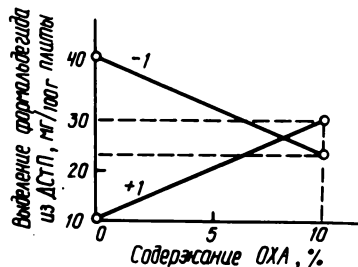


Рис. 2. Зависимость выделения формальдегида из ДСтП от содержания ОХА в связующем наружном слое

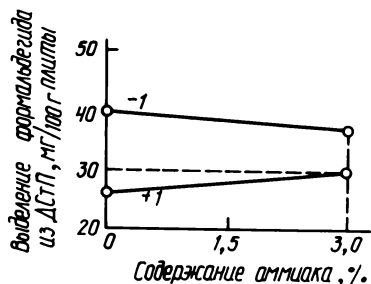


Рис. 3. Зависимость выделения формальдегида из ДСтП от содержания аммиака в связующем наружного слоя

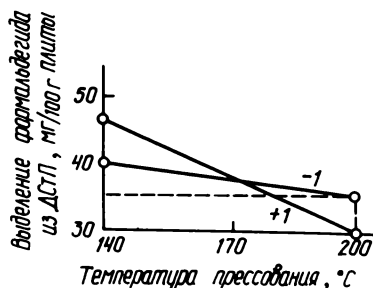


Рис. 4. Зависимость выделения формальдегида из ДСтП от температуры прессования

ных, однако при этом они имеют более низкое значение предела прочности при растяжении, чем контрольные плиты. Поэтому, исходя из анализа уравнений регрессии, были определены основные технологические факторы, повышающие предел прочности при растяжении. Такими факторами оказались: содержание аммиака в наружных слоях и содержание реагента ОХА во внутреннем слое, поэтому кодированные значения этих параметров были выбраны следующие:  $X_2 = 0$  и  $X_4 = -1$ .

Таблица 3

Свойства опытных и контрольных плит

Характеристики свойств плит	Конт- роль- ные плиты	Опытные плиты (коди- рованные значения)		
		$X_1 = X_2 =$ $= X_4 = +1;$ $X_3 = -1$	$X_1 = X_2 = 0;$ $X_3 = X_4 = -1$	
		расчет- ные	расчет- ные	экспе- римен- таль- ные
Выделение формальдегида, мг/100 г плиты	56,3	12,1	32,6	29,8
Предел прочности при ста- тическом изгибе, МПа	17,1	29,2	17,3	19,5
Предел прочности при рас- тяжении перпендикулярно пласти плиты, МПа	0,349	0,279	0,385	0,390
Линейное разбухание, %	27,7	12,9	27,3	28,2

Для большинства промышленных предприятий, выпускающих ДСтП, поддержание температуры плит пресса, равной 200 °С ( $X_1 = +1$ ), не представляется возможным, поэтому наиболее доступной температурой является 170 °С ( $X_1 = 0$ ). По уравнениям регрессии для выбранных условий ( $X_1 = X_2 = 0$ ;  $X_3 = X_4 = -1$ ) были рассчитаны токсичность и физико-механические показатели свойств плит (см. табл. 3).

По результатам, полученным путем вычислений, можно отметить, что токсичность опытных плит ниже токсичности на 42 %, а физико-механические показатели не уступают показателям контрольных плит. Для выбранных оптимальных технологических факторов были изготовлены ДСтП, результаты анализа которых удовлетворительно согласуются с расчетными (см. табл. 3).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Опытнo-промышленная проверка эффективности применения реагента ОХА для производства ДСтП пониженной токсичности/В.М. Балакин, В.В. Глухих, В.Г. Дедюхин, С.А. Орлов и др.//Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. Свердловск. 1988. С. 4-9.
2. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. М.: Высшая школа, 1985. 327 с.

УДК 674.815-41

И.А. Гамова, Н.С. Тиме,  
Л.С. Семенова  
(Ленинградская лесотехническая  
академия)

## СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПОЗИЦИОННОГО СВЯЗУЮЩЕГО

*Приведены данные по использованию композиционного связующего, состоящего из карбамидоформальдегидной смолы и фенолоспиртов, при получении древесностружечных плит. Показано, что для эффективного использования композиционного связующего необходима предварительная нейтрализация фенолоспиртов. Использование композиционного связующего позволяет снизить выделение формальдегида из древесностружечных плит на 35 ... 40 %*

Известно, что применение совмещенного связующего на основе карбамидоформальдегидных олигомеров и продуктов начальной конденсации фенола и формальдегида – фенолоспиртов эффективно при получении материалов на основе измельченной древесины [1, 2], Нами было разработано композиционное карбамидофенольное связующее для древесностружечных плит, содержащее карбамидоформальдегидную смолу и фенолоспирты.

Как было сообщено, введение фенолоспиртов в карбамидоформальдегидную смолу способствует снижению выделения